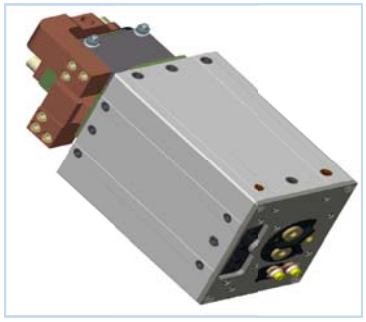
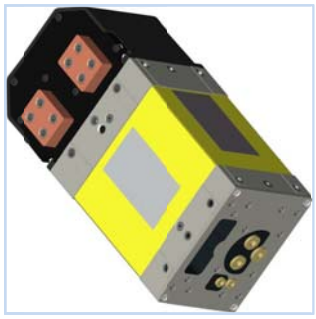
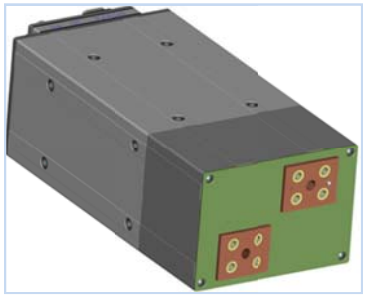
EXPERT®
transformatorenbau gmbh







Betriebsanleitung
Mittelfrequenz-Transformator-Gleichrichtereinheiten
das Widerstandsschweißen

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeines 3

2 Sicherheitshinweise 4

2.1 Allgemeine Hinweise 4

2.2 Schutz gegen direktes und indirektes Berühren elektrisch leitfähiger Teile 5

2.2.1 Schutz gegen direktes Berühren 5

2.2.2 Schutz gegen indirektes Berühren im Fehlerfall 6

2.3 Schutz vor Einwirkung elektromagnetischer Felder 8

3 Technische Daten 10

3.1 Allgemeines 10

3.2 Typenschildangaben 11

4 Bestimmungsgemäße Verwendung 12

4.1 Einsatzbereiche für MF-TGE 12

4.2 Werkstoffe für das Widerstandsschweißen, Widerstandsschweißverfahren 13

4.3 Dimensionierung von MF-TGE 13

4.3.1 Thermische Dimensionierung 14

4.3.2 Kurzschlussdimensionierung 15

4.4 Schaltungsvarianten von MF-TGE 17

4.5 Allgemeine Anforderungen an Schweißinverter und Steuerungen 18

4.6 Kraftwirkungen im Schweißkreis, Sekundäranschlüsse 18

4.7 Netzanschluss von MF-Schweißanlagen 20

4.7.1 Netzanschlussbedingungen 20

5 Aufbau und Funktion von MF-TGE 21

5.1 Aufbau einer MF-Transformator-Gleichrichtereinheit 21

5.2 Hilfstromkreise 21

5.2.1 Temperaturüberwachung 21

5.2.2 Schweißstromüberwachung, Konstantstromregelung (KSR) 23

5.2.3 Sekundärkreisüberwachung 23

5.2.4 Spannungsüberwachung 24

6 Transport und Lagerung 25
6.1 Transport 25
6.2 Lagerung 27

7 Einbau, elektrischer Anschluß und Inbetriebnahme 28
7.1 Einbau und elektrische Montage 28
7.2 Zulässige Umgebungsbedingungen 31

8 Hinweise zum Betreiben von MF-TGE 32
8.1 Kühlwasserqualität 32
8.2 Kühlwassermenge, Differenzdruck des Kühlkreises 34

9 Instandhaltung 35
9.1 Primär - und Sekundäranschlüsse 35
9.2 Gleichrichteranbausatz 36
9.3 Kühlkreislauf 36

10 Literatur 38
10.1 Normen und Vorschriften 38
10.2 DVS-Richtlinien und –Merkblätter 38

1 Allgemeines

- Die vorliegende Betriebsanleitung „Mittelfrequenz-Transformator-Gleichrichter-einheiten für das Widerstandsschweißen“ enthält neben der technischen Beschreibung des Produkts (nachfolgend MF-TGE genannt) wichtige Informationen für die Auswahl, Handhabung, Montage und Installation, um eine bestmögliche Sicherheit für Mensch und Maschine und eine ordnungsgemäße Funktion sicherzustellen.
- Für das Erzeugnis und dessen bestimmungsgemäßen Gebrauch gelten folgende Richtlinien der Europäischen Union:

  73/23/EWG Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen (*Niederspannungsrichtlinie*)

  89/336/EWG Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV-Richtlinie)

  89/392/EWG Sicherheit von Maschinen (*Maschinenrichtlinie*)

  93/68/EWG CE-Kennzeichnung

  Darüber hinaus sind die nationalen Vorschriften für die Errichtung und Inbetriebnahme von elektrotechnischen Anlagen und die geltenden Sicherheitsvorschriften zu beachten.
- Der Anwender erhält nachfolgend notwendige Sicherheitshinweise (s. Abschnitt 2).
- Diese Bedienungsanleitung wendet sich an folgende Benutzergruppen:

  - Mitarbeiter Projektierung und Konstruktion
  - Montage und Inbetriebnahmepersonal
  - Mitarbeiter Wartung und Reparatur
  - Mitarbeiter Transport und Lagerung

2 Sicherheitshinweise

2.1 Allgemeine Hinweise

- Der einwandfreie und sichere Betrieb setzt sachgemäßen Transport, fachgerechte Lagerung, Montage und Installation sowie sorgfältige Bedienung und Instandhaltung voraus.
- MF-TGE sind zum Einbau in Maschinen und Anlagen in gewerblichen Bereichen vorgesehen. Es sind die spezifischen Sicherheitsvorschriften und -bestimmungen für den vorliegenden Anwendungsfall zu beachten.
- Der Betrieb von MF-TGE ist nur mit wirksamer Schutzmaßnahme gegen indirektes Berühren elektrisch leitfähiger Teile im Fehlerfall zulässig. Das gilt auch für kurzzeitigen Betrieb zu Prüf- und Testzwecken.
- Vor dem Einschalten der MF-TGE sind spannungsführende Teile sicher abzudecken, um ein Berühren zu verhindern.
- Die Maschine bzw. Anlage muss vor Beginn von Montage- oder Wartungsarbeiten in einen Zustand gebracht werden, der ein gefahrloses Arbeiten erlaubt (z. B. Grundstellung).
- Der Maschinen- bzw. Anlagenteil, in dem die Arbeiten ausgeführt werden sollen, ist spannungsfrei zu schalten. Unter bestimmten Voraussetzungen können Rückspannungen auftreten. In solchen Fällen ist die Primär- und Sekundärseite frei zuschalten. Auf gefahrbringende bewegliche Teile aus angrenzenden Anlagenteilen ist zu achten. Bei derartigen Gefährdungen sind dann die benachbarten Anlagenteile ebenfalls frei zuschalten.

  Achtung: Leistungsbaugruppen auf Halbleiterbasis (Thyristoren, IGBT etc.) realisieren auch bei abgeschalteter Ansteuerung keine galvanische Trennung des Stromkreises! Es ist in jedem Fall zusätzlich der Hauptschalter zu betätigen!
- Schalter, mit denen frei geschaltet worden ist, sind gegen unbeabsichtigtes Wiedereinschalten zu sichern. Betriebsmittel sind mit einem Warnschild z. B. *„NICHT EINSCHALTEN! - Reparaturarbeiten -“* mit Angabe des Reparaturzeitraumes und den Namen des verantwortlichen Mitarbeiters zu kennzeichnen.

- Die allpolige Spannungsfreiheit ist mit einem geeigneten Mess- bzw. Prüfgerät (z.B. Spannungsprüfer, Spannungsmessgerät) am MF-TGE zu kontrollieren.
- Benachbarte unter Spannung stehende Teile sind abzudecken.
- Maschinen bzw. Anlagen dürfen nur auf die vorgeschriebene Art und Weise betreten werden (z.B. durch Öffnen der Schutztüren).
- Die Kühlwasserzufuhr ist zu unterbrechen.

2.2 Schutz gegen direktes und indirektes Berühren elektrisch leitfähiger Teile

2.2.1 Schutz gegen direktes Berühren

Beim Betrieb von MF-TGE in Schweißanlagen stehen zwangsläufig bestimmte Bauteile wie zugängliche Teile des Schweißkreises bzw. das Schweißteil selbst in direktem Kontakt mit der Niederspannungsseite der MF-TGE. Beim Berühren dieser Teile treten betriebsmäßig Spannungen bis zur Höhe der sekundären Leerlaufspannung auf.

Im Allgemeinen liegen diese Spannungen unterhalb der Grenzwerte für zulässige Berührungsspannungen.

Nach DIN VDE 0100 Teil 410 sind die Höchstwerte der Berührungsspannungen festgelegt.

Dies sind für:

- Wechselspannungsanlagen *(50 - 60Hz)* $U_L = 25\ V$
- Bei Gleichspannungsanlagen gilt $U_L = 60\ V$

	Gefahr durch unzulässig hohe Berührungsspannung! Bei der Reihenschaltung von Sekundärwicklungen eines oder mehrerer MF-TGE können höhere Spannungen als die zulässigen Berührungsspannungen erzeugt werden! Werden durch Kaskadierungen höhere Spannungen als die zulässigen Berührungsspannungen erzeugt, sind durch den Anwender geeignete Schutzmaßnahmen gegen direktes Berühren vorzusehen (Abdeckungen, Verkleidungen etc.).

Die angegebenen Höchstwerte der zulässigen Berührungsspannungen gem. DIN VDE 0100 Teil 410 gelten für Anwendungen in trockenen Räumen.

Bei großflächigem Berühren spannungsführender Teile mit feuchten Händen kann es bereits bei Spannungen unter 10 V zu spürbaren Stromschlägen kommen.

Diesem Umstand ist bei der Konstruktion von Schweißzangen, besonders bei handbedienten Zangen Rechnung zu tragen.

Alle berührbaren metallisch leitfähigen Teile müssen mit dem Schutzleiter verbunden sein. Potentialführende Zangenarme sollten zusätzliche Isolierhüllen, Bandagierungen o. ä. besitzen, um beispielsweise bei einer möglichen Zweimannbedienung das ungeschützte Berühren der beiden Zangenarme auszuschließen.

Darüber hinaus sollte das Bedienpersonal geeignete Schutzhandschuhe tragen.

⚠	Bei großflächigem Hautkontakt in Verbindung mit feuchten Händen können bereits bei Gleich- bzw. Wechselspannungen unter 10 V empfindliche Stromschläge verursacht werden! Bei Handzangen müssen alle berührbaren leitfähigenTeile mit dem Schutzleiter verbunden sein. Potentialführende Zangenarme sind weitgehend abzudecken.

2.2.2 Schutz gegen indirektes Berühren im Fehlerfall

Die Transformatoren von EXPERT-MF-TGE entsprechen gemäß DIN VDE 0551 Teil 1 der Schutzklasse I.

Als Schutz vor unzulässig hohen Berührungsspannungen im *Fehlerfall (Schutz bei indirektem Berühren*) sind zusätzlich Schutzmaßnahmen gemäß EN 62135-1 *(DIN VDE 0545, Teil1*) anzuwenden (*Verbinden der Sekundärkreise mit einem Schutzleiter, Fehlerstrom-Schutzschaltung o. ä.*).

Über den primärseitigen Schutzleiteranschluss sind alle Gehäuseteile des MF-TGE mit dem Schutzleiter galvanisch verbunden.

⚠	**Schutzmaßnahmen gegen indirektes Berühren** Die Sekundärkreise der MF-TGE sind im Allgemeinen aufgrund der vielfältigen Verschaltungsmöglichkeiten und der Anwendbarkeit unterschiedlicher Schutzmaßnahmen im Auslieferungszustand **nicht** mit dem Schutzleiter verbunden. Die notwendige und geeignete Schutzmaßnahme gemäß EN 62135-1 (DIN VDE 0545, Teil1) ist durch den Anwender festzulegen und auszuführen.

Ausnahmen bilden MF-TGE, welche aufgrund bestehender allgemeiner oder kundenspezifischer Normen bereits mit einer internen Schutzleiterverbindung hergestellt und ausgeliefert werden (*z. B. Zangen MF-TGE gem. ISO 10656 oder spezielle MF-TGE für*

Hängepunktanlagen). Diese interne Schutzleiterverbindung wird meist lösbar ausgeführt und ist mit MPE gekennzeichnet.

Beachten Sie dazu in jedem Fall die Angaben auf den Hinweisschildern an den MF-TGE und die Hinweise in den Datenblättern.

	Vermeidung von Ausgleichströmen Wird die erforderliche Schutzmaßnahme durch eine direkte Verbindung des Sekundärkreises mit dem Schutzleiter realisiert, ist durch den Anwender sicherzustellen, dass es bei komplexeren Schweißanlagen infolge von Potentialverschiebungen während der Schweißung nicht zu Ausgleichsströmen (Querströmen) über die Schutzleiterverbindung kommen kann. **Der Schutzleiter darf betriebsmäßig keinen Strom führen!**

Ausgleichsströme können beispielsweise auftreten, wenn mehrere Schweißstromquellen gleichzeitig an einem gemeinsamen Werkstück schweißen bzw. wenn mit einem bereits geerdeten MF-TGE an einem zusätzlich geerdeten Werkstück geschweißt wird.

Bei Inbetriebnahme der Schweißstation ist deshalb mittels geeigneter Messgeräte *(z. B. Strommesszange*) zu kontrollieren, dass der Schutzleiter während der Schweißung keinen Strom führt.

	Ausgleichsströme sind grundsätzlich zu vermeiden, denn sie können im Extremfall die interne Schutzleiterverbindung unterbrechen. **Eine Unterbrechung der Schutzleiterverbindung führt zur Aufhebung der Schutzmaßnahme und kann Menschenleben gefährden!**

Sind Ausgleichströme infolge der direkten Verbindung des Sekundärkreises mit dem Schutzleiter unvermeidbar, kann bei den meisten MF-TGE die Schutzleiterverbindung aufgehoben werden.

In diesem Fall muss jedoch ersatzweise eine andere nach EN50063 zulässige Schutzmaßnahme installiert werden.

	Für Anlagen mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen nach EN 60947-2 in TN- oder TT-Netzen (Nennfehlerstrom ≤ 30mA) können MF-TGE mit eingebautem Fehlerstrom-Schutzwiderstand geliefert werden. Der Fehlerstrom-Widerstand muss optisch und elektrisch zyklisch (mind. halbjährlich) auf einwandfreien Zustand überprüft werden. Es ist zu gewährleisten, dass die FI-Schutzeinrichtung für den Anwendungsfall geeignet ist. Bei Rückfragen wenden Sie sich bitte an eine der rückseitig angegebenen Adressen.

2.3 Schutz vor Einwirkung elektromagnetischer Felder

Beim Widerstandsschweißen treten, je nach Höhe des Schweißstromes physikalisch bedingt, mehr oder weniger starke Magnetfelder auf. Die höchsten Magnetfeldkonzentrationen entstehen aufgrund der Stromhöhe hauptsächlich im Bereich der Sekundärleitungen.

Dies ist bei der konstruktiven Auslegung von Widerstandsschweißeinrichtungen und der Festlegung von Bedienplätzen zu berücksichtigen.

Um eine mögliche Überschreitung der zulässigen Arbeitsplatzkonzentrationen elektromagnetischer Strahlung zu vermeiden, ist im Bedarfsfall ein messtechnischer Nachweis zu führen.

Neben der Ausbildung magnetischer Felder entstehen beim Schweißen je nach Art und Funktionsweise der Leistungseinstellung zusätzlich geleitete und gestrahlte Störemissionen elektromagnetischer Wellen in einem weiten Frequenzbereich.

Hierzu gelten die Festlegungen gemäß EMV-Richtlinie.

	Gefahr durch Einflüsse elektromagnetischer Felder Personen mit medizinischen Hilfsaggregaten (wie z. B. Herzschrittmacher etc.) dürfen sich **nicht** im Bereich der Schweißeinrichtungen und deren Zuleitungen aufhalten! Es besteht die Gefahr von Funktionsstörungen, die unter Umständen zum Tode oder zu schweren gesundheitlichen Schäden führen kann.

Zusätzliche Hinweise:

- Beim Errichten von Schweißmaschinen- bzw. anlagen sind die Grenzwerte für die elektromagnetische Strahlung zu beachten (s. Anlage Normen).
- Falls notwendig, sind geeignete Schutzvorrichtungen vorzusehen (z. B. Abschirmung) bzw. die Bedienplätze in entsprechender Entfernung einzurichten.

- Im Bereich der Schweißmaschine- bzw.- anlage können die Informationen magnetisch gespeicherter Datenträger (*z. B. Ton- und Videobänder, EC-Karten etc.*) gelöscht bzw. verändert werden.
- Die beim Schweißen auftretenden Magnetfelder können motorgetriebene feinmechanische Produkte wie Armbanduhren beschädigen.
- In unmittelbarer Nähe des Schweißkreises können in metallischen Gegenständen (*auch Schmuck z. B. Ringe oder Ketten*) Ströme induziert werden. Je nach Stärke des Magnetfeldes kann dies zu lokalen Erwärmungen in den Metallteilen führen (*Verbrennungsgefahr*).
- Die EMF/EMV – Richtlinien für Widerstandsschweißeinrichtungen sind noch nicht in allen Einzelheiten festgelegt, bzw. es gibt Unsicherheiten der Richtlinien für Schweißkreise. Bitte beachten Sie daher die Neuveröffentlichungen in der einschlägigen Literatur.

3 Technische Daten

3.1 Allgemeines

Die gebräuchlichen Widerstandsschweißverfahren wie Punkt-, Buckel- und Nahtschweißen sind dadurch charakterisiert, dass die Schweißenergie nicht kontinuierlich, sondern impulsförmig in die Schweißstelle eingebracht wird.

Die erforderlichen Schweißzeiten sind meist wesentlich kleiner als 1 Sekunde. Prozessbedingt ergeben sich zwischen den Schweißimpulsen mehr oder weniger lange Pausenzeiten.

Diese Betriebsart (*Aussetzbetrieb*) macht es möglich, die als Schweißstromquellen eingesetzten MF-TGE während in der Stromflussphase gezielt zu überlasten d. h. es können im Gegensatz zu den zulässigen Dauerströmen eines MF-TGE kurzzeitig wesentlich höhere Impulsströme fließen, ohne die MF-TGE thermisch zu überfordern. Dadurch ist es möglich, kosten- und gewichtsoptimierte und auf den konkreten Anwendungsfall zugeschnittene Geräte herzustellen. Das bedeutet jedoch andererseits, dass die gezielte Überlastung genau definiert werden muss, um eine sichere Betriebsweise zu gewährleisten.

Als wesentliches Merkmal gilt für den Aussetzbetrieb die prozentuale Einschaltdauer *X*, d.h. die Summe aller Stromflusszeiten bezogen auf die Taktzeit *T*. Das Verhältnis kann einen Wert zwischen 0 und 1 annehmen und wird in Prozent angegeben. Daneben ist auch die Länge der einzelnen Schweißimpulse für die Überlastbarkeit maßgebend. Das Verhalten bei Überlast ist in typenbezogenen Diagrammen dargestellt.

Die technischen Daten der sind in den jeweiligen Datenblättern enthalten.

Die Geräte unterliegen technischen Änderungen im Sinne des technischen Fortschritts. Bei Bedarf ist die aktuelle Dokumentation anzufordern.

3.2 Typenschildangaben

Die Typenschildangaben von EXPERT MF-TGE enthalten die für den Anwender wichtigen Kennwerte.

Typ	MF3-9,3-6,5-TM-M6-2B									
Serien-Nr.	T-100345		1999							
Norm										
Nennspannung U_{1N}	500	V	1000	Hz						
Bauleistung 50% ED S_{50}			123							
Bauleistung 100% ED S_P			87	kVA						
Primärdauerstrom I_{1P}			144	A						
Gleichstromleistung P_d			66,9	kW						
Gleichspannung U_{2d}	9,3	bis		V	in	1	Stufen			
Dauergleichstrom I_{2d}			7,2	kA						
Kühlwassermenge Q ≥	8,0	l/min	Druckabfall Δp ≤			0,6	bar			
Isolationsklasse F	Schutzklasse I		Masse			23	kg			

Bild 3-1 Typenschild eines EXPERT-MF-TGE

Erläuterung der elektrischen Kennwerte:

S_{50}	Mittlere Bauleistung des MF-TGE bei *X = 50%* ED
S_p	Mittlere Bauleistung des MF-TGE bei *X = 100%* ED
U_{1N}	Bemessungswert der Nennspannung
I_{1p} *bei 100%ED*	Primär-Dauerstrom bei *X = 100% ED*
U_{2d}	Sekundäre Gleichspannung
I_{2d}	Dauergleichstrom
Q	Erforderliche Kühlwassermenge in l/min, max. 30 °C

4 Bestimmungsgemäße Verwendung

EXPERT-MF-TGE werden speziell für die Widerstandsschweißtechnik entwickelt und gefertigt.

Der allgemeine Aufbau und die technische Auslegung erfolgt gemäß ISO5826, ISO669 Darüber hinaus geltende typgebundene Standards werden berücksichtigt.

	Gefahr durch nicht bestimmungsgemäße Verwendung Durch nicht bestimmungsgemäße Verwendung können Personen-, Sach- sowie Umweltschäden entstehen. Durch hohe Kurzschluss-Ströme und den damit verbundenen hohen Schweißenergien besteht die Gefahr der Materialverdampfung. Setzen Sie die MF-TGE nur bestimmungsgemäß ein.

4.1 Einsatzbereiche für MF-TGE

MF-TGE bestehen aus dem Transformator und dem Gleichrichteranbausatz. Die Ausführung des Trafos erfolgt in voll vergossener Bauweise (*Gießharzfüllung*), d.h. die Wicklungen sind optimal gegen Feuchtigkeit, Verschmutzung und die Wirkung dynamischer Stromkräfte geschützt. Je nach Bauart ist der Gleichrichteranbausatz offen oder abgedeckt ausgeführt (aus dem Maßblatt ersichtlich). Bei den offenen Bauarten ist Sorge zu tragen, dass der Gleichrichteranbausatz gegen Verschmutzung geschützt wird. MF-TGE sind Komponenten, die primär- und sekundärseitig meist in Schutzart IP00 ausgeführt werden (*offene Klemmstellen*). Die Ausführung der einzelnen Typen ist aus unseren Maßblättern ersichtlich.

Der MF-TGE darf nicht in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden. Bitte beachten sie die zulässigen Umgebungsbedingungen.

	Schutzart Die MF-TGE dürfen nur in den Bereichen eingesetzt und betrieben werden, die der angegebenen Schutzart (laut Datenblatt) entsprechen. Für den Betrieb in explosionsgefährdeten Bereichen dürfen diese MF-TGE nicht verwendet werden.

4.2 Werkstoffe für das Widerstandsschweißen, Widerstandsschweißverfahren

Definition Widerstandsschweißen: DIN 1910 Teil 5

Die zum Schweißen erforderliche Wärme wird durch Stromfluss über den elektrischen Widerstand der Schweißzone erzeugt (*Widerstandswärme, Joulesche Wärme*). Geschweißt wird mit oder ohne Kraft und mit oder ohne Schweißzusatz.

In Bezug auf die oben genannte Definition ist die Mindestanforderung eines zu schweißenden Werkstoffes, dass dieser elektrisch leitend sein muss. Weiterhin muss der Werkstoff im knetbaren Zustand schweißbar sein.

Geeignete Werkstoffe:

- unbeschichtetes Stahlblech in unterschiedlichen Materialstärken (*häufig bis 3,0mm*)
- beschichtetes Stahlblech z.B. verzinkt
- Chrom-Nickel Stahl
- Nichteisenmetalle z. B. Aluminium, Kupfer und Silber

	Gefahr durch Einsatz falscher Werkstoffe Durch den Einsatz nicht schweißbarer bzw. nicht empfohlener Werkstoffe können infolge nicht voraussehbarer Reaktionen beim Einbringen der Schweißenergie in den Werkstoff körperliche Schäden bzw. Schäden an Maschinen entstehen

4.3 Dimensionierung von MF-TGE

Grundsätzlich ist zu unterscheiden:

- Thermische Dimensionierung – hier werden MF-TGE so ausgelegt, dass im geforderten Einsatzfall keine Überlastung durch Überhitzung auftritt
- Kurzschlussdimensionierung – hier erfolgt die Ermittlung des max. Maschinenkurzschlussstromes zwischen den Schweißelektroden (oder entsprechender Werkzeuge)

Beide Werte sind voneinander unabhängig und müssen für jeden Einsatzfall ermittelt werden.

4.3.1 Thermische Dimensionierung

Grundlage ist das Belastungsdiagramm mit dem Schweißstrom I_s als Funktion der relativen Einschaltdauer X und der Schweißzeit t_S.

Belastungsdiagramme sind Bestandteil der Dokumentation.

Aufgrund der unterschiedlichen thermischen Zeitkonstanten sind die Dioden- und die Transformatorbelastung gesondert zu betrachten. Für Rückfragen kontaktieren Sie bitte eine der am Ende angegebenen Adressen.

Bitte beachten Sie auch die Hinweise der Hersteller von MF-Invertern und Schweiß-Steuerungen.

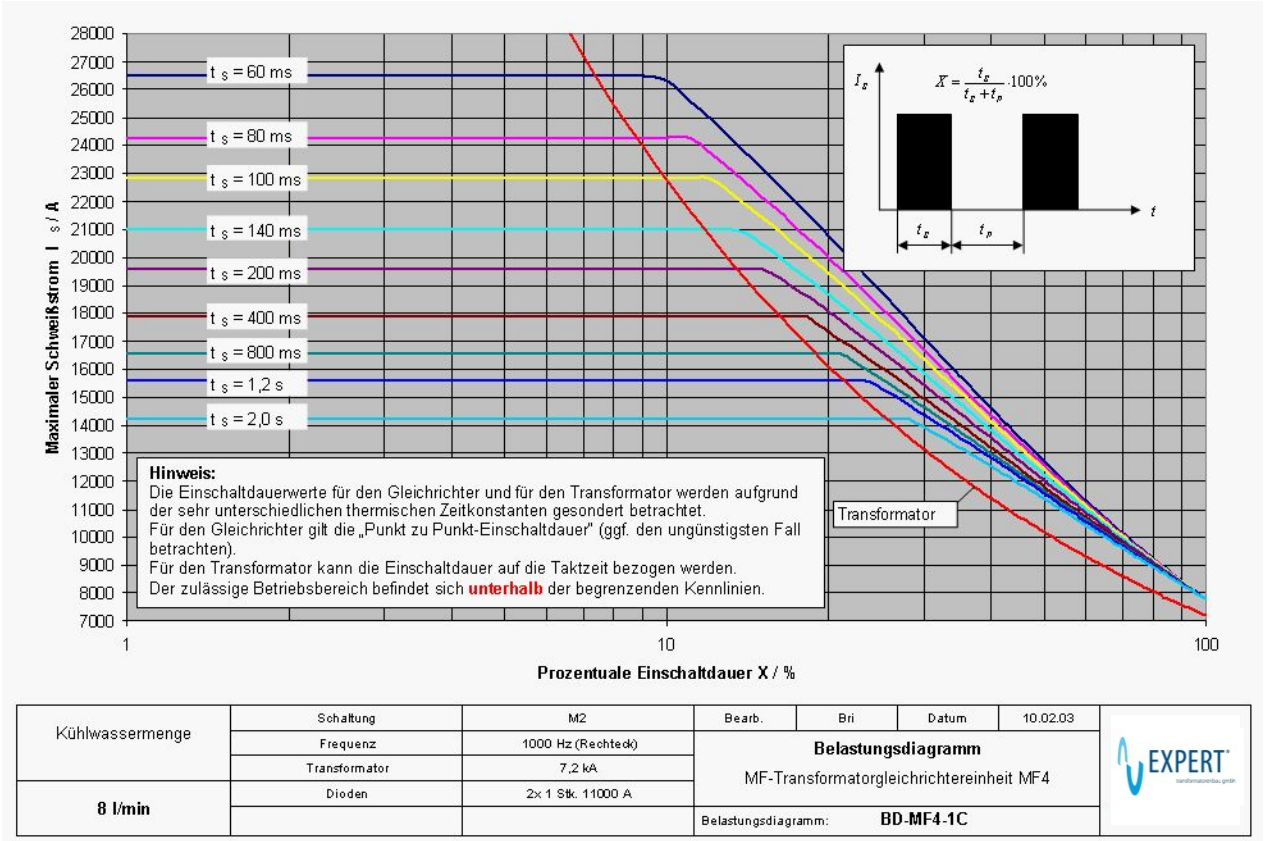


Bild 4-1 Belastungsdiagramm einer EXPERT-MF-TGE

	Gefahr durch Überlastung **Der Einsatz außerhalb des zulässigen Arbeitsbereichs kann zu Gefährdungen von Personen führen (explosionsartiges Bersten der Dioden).** **Die in die TGE installierten Thermowächter können auch bei korrektem Anschluss keinen universellen Schutz gegen Geräteüberlastung aufgrund falscher Dimensionierung gewährleisten.**

4.3.2 Kurzschlussdimensionierung

Zum besseren Verständnis sei auf zwei wichtige Größen hingewiesen:

- Kurzschlussstrom der MF-TGE

der maximale sekundärseitige Strom der sich bei primärseitig angelegter Nennspannung einstellt, wenn Plus- und Minuspol der MF-TGE durch eine verlustfreie Brücke (Z=0) kurzgeschlossen würden. Wäre der innere Widerstand der TGE gleich 0, so wäre der KS-Strom unendlich.

Der Wert des KS-Stromes ist eine typenbezogene Größe und wird rechnerisch ermittelt. Der KS-Strom dient nur als Bezugswert und ist für die praktische Anwendung ohne Bedeutung.

- Maschinenkurzschlussstrom

wenn die MF-TGE statt mit einer verlustfreien Brücke mit einer Schweißeinrichtung mit der Impedanz Z (Lastimpedanz) verbunden wird, vermindert sich der sekundärseitige Strom mit zunehmender Größe dieser Impedanz.

Im Gegensatz zu Wechselstromkreisen wird bei Gleichstrom nach Erreichen des stationären Zustandes der Strom nur durch den ohmschen Widerstand des Kreises begrenzt

Vereinfachend wird aus diesem Grund bei den folgenden Erläuterungen lediglich der Lastwiderstand betrachtet.

Der bei kurzgeschlossenen Elektroden gemessene Strom wird als Maschinenkurzschlussstrom bezeichnet.

Im Allgemeinen ist beim Widerstandsschweißen der Gesamtwiderstand der Sekundäranordnung wesentlich größer als der Widerstand des Schweißgutes zwischen den Elektroden.

Deshalb liegt der max. erreichbare Schweißstrom $I_{Smax.}$ meist nicht wesentlich niedriger als der Maschinenkurzschlussstrom.

Die Ausgangskennlinie einer MF - TGE in der Form $I_{Smax.} = f (R_L)$ wird auch als Belastungskennlinie bezeichnet.

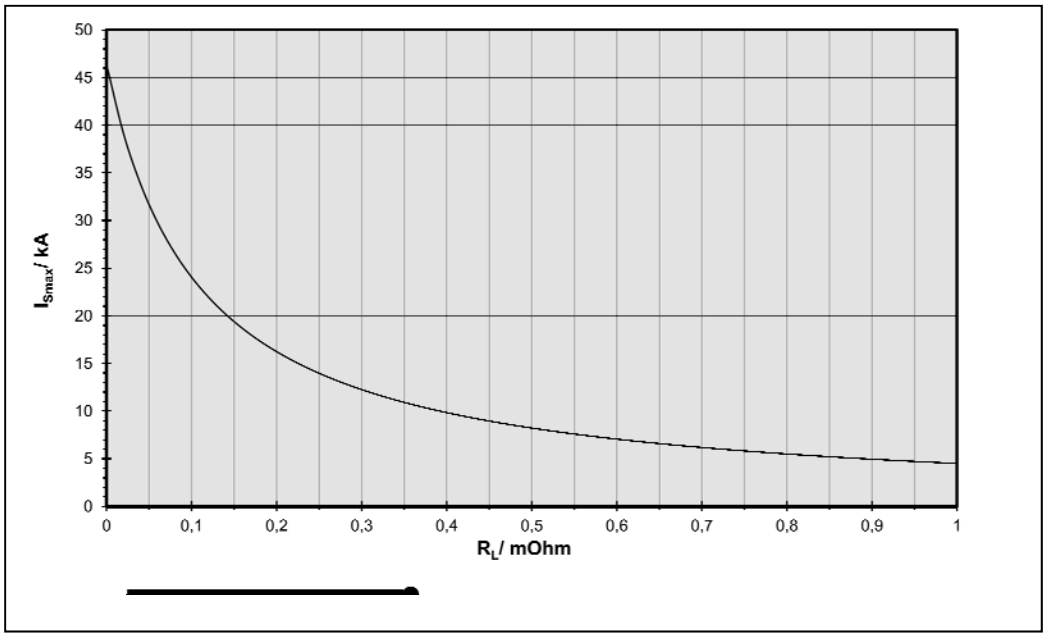


Bild 4-2 Belastungskennlinie $I_{Smax} = f(R_L)$ eines MF-TGE

Hinweis:	Zu beachten ist dabei, dass es sich bei den angegebenen Strömen um die maximal im **Aussetzbetrieb** an einer bestimmten Ausladung erreichbaren Ströme handelt, welche nur durch die Impedanz der äußeren Beschaltung begrenzt werden. Die Betrachtung erfolgt unabhängig von den thermischen Verhältnissen in der MF-TGE. Je nach Stromhöhe müssen entsprechend dem thermischen Vermögen der Einheit entsprechend lange Pausenzeiten zum Abkühlen vorgesehen werden!

Mit Hilfe dieser typenabhängigen Kennlinie lässt sich der maximal erreichbare Schweißstrom I_{Smax} in Abhängigkeit vom Widerstand des Lastkreises R_L (d. h. der Summe aller an den MF-TGE sekundärseitig angeschlossenen Widerstände) bestimmen.

Der Funktionswert an der Stelle $R_L = 0$ entspricht gemäß Definition dem Kurzschluss-Strom der MF-TGE.)

Im Beispiel gemäß Bild 4.2 beträgt der maximal erreichbare Schweißstrom ca. $14\ kA$ (an einem Sekundärkreiswiderstand von ca. $250\ \mu\Omega$).

Im Umkehrschluss eignen sich diese Belastungsdiagramme auch zur näherungsweisen Bestimmung des Widerstandes des Sekundärkreises, indem der maximal erreichbare

Schweißstrom messtechnisch ermittelt und anschließend der Wert für R_L aus dem Belastungsdiagramm der verwendeten MF-TGE entnommen wird.

Die Belastungsdiagramme erleichtern somit bei Kenntnis des Widerstandes des Schweißkreises die Auswahl einer geeigneten MF-TGE hinsichtlich des maximal erreichbaren Sekundärstromes.

Es gilt der Grundsatz:

Der maximal erreichbare Strom steigt proportional der Höhe der treibenden Spannung (Ausgangsgleichspannung der MF-TGE).

Bei der Auswahl der TGE sollte beachtet werden, dass stets eine Schweißstromreserve von mindestens 30% eingeplant wird, um z. B. Verschleißerscheinungen an Sekundärkabeln und Klemmstellen, welche zu einer Widerstandserhöhung im Schweißkreis führen, zu kompensieren. Zusätzliche Stromreserven sind beispielsweise auch bei Nebenschlüssen über benachbarte Schweißpunkte bzw. bei der Nutzung von Stepperfunktionen erforderlich.

⚠	Die Belastungsdiagramme werden rechnerisch aus den Daten der jeweiligen MF-TGE ermittelt. Dabei werden Netzspannungseinbrüche **nicht** berücksichtigt. Sind aufgrund langer Netzzuleitungen etc. größere Netzspannungseinbrüche als 5% zu erwarten, sind zusätzliche Schweißstromreserven einzuplanen.

4.4 Schaltungsvarianten von MF-TGE

Grundsätzlich ist die sekundärseitige Parallel – oder Reihenschaltung mehrerer MF-TGE möglich. Aufgrund der Entkoppelung der Stromkreise durch die Gleichrichterdioden fließen beispielsweise bei der Parallelschaltung keine Ausgleichsströme. Je nach Anzahl gleicher parallel geschalteter Einheiten erhöht sich der verfügbare Strom mit dem Faktor parallel geschalteter Einheiten.

Bei Verwendung von verschalteten Transformator-Gleichrichtereinheiten muss aufgrund der vielfältigen Steuerungs- und Überwachungsfunktionen ein geeigneter Umrichter und eine dazu geeignete Schweißsteuerung ausgewählt werden.

Bitte konsultieren Sie in jedem Fall den Kundendienst Ihres Steuerungs- und Inverterherstellers**.**

4.5 Allgemeine Anforderungen an Schweißinverter und Steuerungen

EXPERT-MF-TGE sind für den Betrieb an handelsüblichen Steuerungs- und Invertersystemen ausgelegt

Die technischen Daten (Leistung, Spannung, Frequenz, Pulsdauer) des Umrichters müssen der Schweißaufgabe gerecht werden. Beachten Sie bitte auch die einschlägigen Unterlagen der Schweißumrichter- und Steuerungshersteller.

	Bitte verwenden Sie zum Betrieb von EXPERT-MF-TGE ausschließlich speziell für das Widerstandsschweißen konzipierte, CE-konforme Umrichter und Steuerungen.

4.6 Kraftwirkungen im Schweißkreis, Sekundäranschlüsse

Bei der Konstruktion von Schweißeinrichtungen zum Widerstandsschweißen sind bei der Auslegung der Sekundärstromkreise die Kraftwirkungen und die daraus resultierenden mechanischen Beanspruchungen infolge der hohen Schweißströme zu berücksichtigen.

Auf stromdurchflossene parallele Leiter wirken infolge des magnetischen Feldes bei gleicher Stromrichtung *anziehende* und bei entgegengesetzter Stromrichtung *abstoßende* Kräfte.

Bei einem geschlossenen Schweißkreis ist die Wirkungsrichtung der Kräfte während der Schweißung so, dass die den Schweißkreis bildenden Leiter stets eine größere Fläche einnehmen möchten. Je nach Stromhöhe können so sehr große Kraftwirkungen entstehen.

Werden zum Beispiel zwei parallele Stromschienen der Länge $l = 1{,}0m$, welche im Abstand $a = 0{,}05m$ verlegt sind von einem Strom $I = 25kA$ durchflossen, ergibt sich beispielsweise eine über die Länge l verteilte Kraft F gemäß folgender Beziehung:

$$F = 2{,}0 \cdot I^2 \cdot \frac{l}{a} \cdot 10^{-7} N$$

Für das konkrete Beispiel ergibt sich eine Kraft von $2{,}5\ kN$.

Da diese Kräfte dynamisch bei jeder Schweißung auftreten, ist bei der konstruktiven Gestaltung des Schweißkreises darauf zu achten, dass beispielsweise bei Verwendung von starren Stromschienen keine Hebelwirkungen entstehen. Durch Hebelwirkungen werden die ohnehin schon beträchtlichen Stromkräfte zusätzlich verstärkt. Aufgrund des Fließverhaltens von Kupfer kann dies zu einer allmählichen Verformung der Sekundäranschlüsse und Stromschienen bis hin zum Bruch führen.

⚠	**MF-TGE Anschluss** MF-TGE sind sekundärseitig mit flexiblen Schweißkabeln oder Lamellenbändern anzuschließen. Dadurch werden Hebelwirkungen weitestgehend vermieden. Bei Verwendung von starren Verschienungen müssen diese mindestens an Anfang und Ende entsprechend den auftretenden Stromkräften **zusätzlich** mechanisch abgestützt werden.

Aufgrund der Vielfalt von *Schweißanlagen (mechanischer Aufbau, Betriebsparameter und Einsatzbedingungen*) können darüber hinaus keine generellen Festlegungen für den Aufbau von Schweißkreisen gegeben werden. Die allgemeinen Richtlinien für die Gestaltung von Hochstromkreisen unter Beachtung dynamischer Stromkräfte sind zu berücksichtigen.

Es ist sichergestellt, dass beim Betrieb innerhalb des im Datenblatt angegebenen Arbeitsbereiches die elektrodynamischen Kräfte im zulässigen Bereich liegen.

Der Anwender muss durch geeignete konstruktive Maßnahmen sicherstellen, dass darüber hinaus keine zusätzlichen Kräfte auf den MF-TGE einwirken können, wie z. B. Kraftrückwirkungen von Schweißzylindern, Kräfte, verursacht durch das Eigengewicht von Anlagenteilen, Kraftrückwirkungen bei Roboter-Kollision und ähnliches.

	Gefahr durch mechanische Beschädigungen Ein MF-TGE ist ein kompliziertes elektrotechnisches Gerät, welches mit hoher Spannung betrieben wird. Zur Vermeidung unzulässig hoher Berührungsspannungen werden Schutzmaßnahmen wie z. B. ein direkter Schutzleiteranschluss vorgenommen. Beim Einwirken großer zusätzlicher äußerer Kräfte ist nicht auszuschließen, dass es bei einer mechanischen Beschädigung des MF-TGE auch zu einer Unterbrechung des Schutzleiters oder Beschädigung anderer Funktionsteile der Schutzmaßnahme kommen kann, bevor über diese die Anlage abgeschaltet wird. In diesem Fall wird die Schutzmaßnahme unwirksam und es besteht die Gefahr des Auftretens unzulässig hoher Berührungsspannungen an Anlagenteilen und damit **Lebensgefahr für das Bedienpersonal!**

4.7 Netzanschluss von MF-Schweißanlagen

4.7.1 Netzanschlussbedingungen

MF-TGE sind ausschließlich für den Betrieb an geeigneten MF-Invertern bestimmt. Diese werden an das Drehstromnetz 3-phasig angeschlossen und liefern ausgangsseitig die für die MF-TGE erforderlichen Versorgungsspannungen höherer Frequenz (z. B. 500V/1000Hz).

Für die Auslegung des Netzanschlusses ist die Betriebsanleitung der MF-Inverterhersteller zu beachten!

Wegen des für das Widerstandsschweißen typischen Aussetzbetriebes und der damit auftretenden Stoßbelastung sollte bei der Planung von Widerstandsschweißanlagen in jedem Falle das zuständige Energie-Versorgungs-Unternehmen (*EVU*) hinzugezogen werden!

5 Aufbau und Funktion von MF-TGE

5.1 Aufbau einer MF-Transformator-Gleichrichtereinheit

EXPERT-MF-TGE haben typunabhängig einen charakteristischen Aufbau.

Sekundärwicklung und der Gleichrichteranbausatz werden vom Kühlwasser durchflossen und sind somit direkt wassergekühlt. Die Primärwicklung und der Eisenkern werden indirekt gekühlt. Der Kühlwasseranschluss ist direkt potentialgebunden mit dem Sekundärkreis des MF-TGE.

Zwischen Kühlwasserein– und auslass besteht die Sekundärspannungsdifferenz.

⚠	**Gefahr durch potentialgebundene Kühlwasseranschlüsse** Beim gleichzeitigem Berühren bzw. Überbrücken von Kühlwasserein- und -auslass mit metallischen Gegenständen z. B. Werkzeugen, kann dies zu sehr hohen Kurzschluss-Strömen führen. Es besteht Verletzungsgefahr infolge Verbrennungen oder durch Metallspritzer.

5.2 Hilfsstromkreise

Die EXPERT-MF-TGE können mit Überwachungseinrichtungen *(z. B. Temperatur-, Schweißstrom-, Sekundärkreis-, Spannungsüberwachung*) ausgestattet werden.

Die Integration derartiger Hilfsstromkreise in die TGE vermeidet, dass empfindliche Kabel und Sensoren zusätzlich im Sekundärkreis angebracht werden müssen.

Die Gefahr der Verschmutzung und Beschädigung besteht in diesem Fall nicht.

5.2.1 Temperaturüberwachung

Als Temperaturwächter finden Bimetall-Schnappscheiben mit Doppelkontaktunterbrechung Verwendung. Die Kontakte sind als Öffner ausgebildet.

Typische Ausführung:

Mechanische Lebensdauer:	10^4 (gemäß VDE Prüfklasse 1)
Bemessungsisolationsspannung:	$1,5\ kV$
Maximale Umgebungstemperatur:	$+\ 180\ °C$ (bei Betrieb)
Nennspannung:	$250V\ AC\ /\ 50\text{-}60Hz$
Nennstrom:	$2,5\ A$ bei $\cos\varphi = 1$ bzw.
	$1,6\ A$ bei $\cos\varphi = 0,6$
Schaltzahl:	10.000 Zyklen
Standardausführung:	2 Öffner für Primärkreis, stromunempfindlich, in Reihe geschaltet, potentialfrei

Die Kontaktausführung ist stromunempfindlich, d.h. die Ansprechtemperatur ist unabhängig von der Strombelastung. Standardmäßig werden pro MF-TGE zwei Temperaturwächter mit *140°C* Ansprechtemperatur an der Primärwicklung befestigt und mit eingegossen.

Auf Wunsch werden auch Kaltleitertemperaturfühler, Temperaturmesswiderstände oder Thermoelemente zur Überwachung der Trafotemperatur eingebaut. Wegen der kompakten Masse der MF-TGE sind betriebsbedingte Temperaturänderungen mit entsprechenden großen Zeitkonstanten behaftet. Das bedeutet, dass der Temperaturausgleich nur sehr langsam vor sich geht. Eingebaute Temperaturwächter signalisieren daher ausschließlich eine Überlastung der MF-TGE oder einen Mangel an ausreichender Kühlung. Die Temperaturwächter sind nicht in der Lage auf kurzzeitige Überbeanspruchung wie z. B. Überspannung, Stoßlast und dergleichen zu reagieren bzw. auszulösen.

5.2.2 Schweißstromüberwachung, Konstantstromregelung (KSR)

Auf Bestellung können die meisten EXPERT-MF-TGE mit eingebauten Toroidmessspulen geliefert werden. Es handelt sich dabei um konzentrisch um den Sekundärleiter angeordnete Luftinduktionsspulen. In diesen Spulen wird eine der Schweißstromänderung direkt proportionale Mess-Spannung induziert.

Die standardisierte Mess-Spannung beträgt 150 mV/kA an einem Lastwiderstand von 1kΩ *(Eingangswiderstand der Auswerteelektronik*), gemessen bei Vollsinus.

Für die Messung von Gleichstromimpulsen ist eine elektronische Aufbereitung des von der Mess-Spule abgegebenen Mess-Signals erforderlich (Integration und Effektivwertbildung).

Marktübliche Mittelfrequenz-Schweißsteuerungen enthalten für diesen Zweck spezielle elektronische Baugruppen.

Diese Signale werden in den Schweißsteuerungen zur Stromregelung bzw. zur Überwachung des Schweißprozesses genutzt.

EXPERT-MF-TGE mit Toroidmessspulen können an alle Mittelfrequenz-Systeme mit Standardeichung zur Strom-Istwert-Erfassung angeschlossen werden.

Die verwendeten Toroidmessspulen besitzen eine Grundgenauigkeit von $\pm 1{,}5\%$, nach dem Einbau beträgt die Kalibriergenauigkeit für die Standardtypen $\pm 3{,}0\%$.

Der Anschluss der Mess-Spule erfolgt üblicherweise durch Steck- oder Klemmverbindungen auf der Primärseite des MF-TGE.

5.2.3 Sekundärkreisüberwachung

Die direkte Verbindung der Sekundärwicklung von MF-TGE mit dem Schutzleiter als mögliche Schutzmaßnahme gemäß VDE 0545 Teil1 (*EN50 063*) führt in manchen Anlagen zu Ausgleichströmen über die Schutzleiterverbindung. In dem Fall muss eine andere Schutzmaßnahme angewendet werden.

Aus diesem Grund werden von verschiedenen Anbietern Schnellabschaltsysteme zur Sekundärkreisüberwachung angeboten. Das Prinzip beruht auf dem FU-Verfahren.

Das bedeutet, bei Erreichen eines Schwellwertes einer Fehlerspannung wird über eine Auswerteelektronik ein Abschalten der Anlage realisiert.

Die dazu notwendigen Messleitungen am Sekundärkreis des MF-TGE werden auf Kundenwunsch im MF-TGE installiert und über geeignete Stecksysteme bzw. Anschluss-

klemmen nach außen geführt. Zur Sicherung gegen Unterbrechungen in der Fehlerspannungsmessleitung wird diese meist als Doppelleitung ausgeführt und von einem Ruhestrom durchflossen.

5.2.4 Spannungsüberwachung

Moderne Schweißsteuerungen werden optional mit Baugruppen ausgestattet, welche den zeitlichen Verlauf der Spannung an den Schweißelektroden für die Qualitätsbewertung des Schweißprozesses nutzen. EXPERT MF-TGE können für derartige Anwendungen mit integrierten Spannungsmessleitungen geliefert werden.

Die Anschlüsse werden ebenso auf Kundenwunsch im MF-TGE installiert und über geeignete Stecksysteme oder Klemmen auf der Primärseite ausgeführt.

6 Transport und Lagerung

Die MF-TGE werden vor dem Versand einer Kontrolle unterzogen und ordnungsgemäß verpackt. Nach dem Eintreffen ist der MF-TGE auf etwaige Transportschäden zu untersuchen. Ein eingetretener Schaden ist dem Transporteur bzw. dem Speditionsunternehmen unverzüglich mitzuteilen. Spätere Reklamationen können nicht mehr berücksichtigt werden.

6.1 Transport

Bedingt durch das relativ hohe Gewicht im Verhältnis zum Volumen muss der Transport von TGE mit geeigneten Hilfsmitteln durchgeführt werden. Bei nicht ordnungsgemäßem Transport kann das Gerät kippen oder fallen. Es besteht Verletzungsgefahr. Wir empfehlen bei Bestellung unsere spezielle Kartonverpackung mit anzufordern, die mit Griffen ausgestattet ist und somit eine sichere Handhabung ermöglicht Diese Verpackung eignet sich auch als Lagerverpackung.

	Gefahr durch unsachgemäßen Transport Benutzen Sie nur geeignete Transporthilfsmittel! Halten Sie sich nicht unter schwebenden Lasten auf! Es besteht die Gefahr von Verletzungen durch Quetschen, Scheren, Schneiden, Stoßen. Die MF-TGE selbst kann dabei ebenfalls beschädigt werden.

<u>Allgemeine Schutzmaßnahmen:</u>

- Geeignete Transporteinrichtungen verwenden.
- Einklemmungen und Quetschungen durch geeignete Vorkehrungen vorbeugen.
- Hebeeinrichtungen (*zulässige Traglast beachten*) und Werkzeuge fachgerecht einsetzen.
- geeignete Schutzausstattung (*z. B. Sicherheitsschuhe, Schutzhandschuhe*) benutzen.
- Nicht unter schwebenden Lasten aufhalten.
- Eventuell auslaufende Kühlflüssigkeit sofort beseitigen (*Rutschgefahr*).

Transporthilfsmittel:

Ein sachgemäßer Transport ist meist nur mit geeigneten Hilfsmitteln wie z. B. Hebezeuge, Krane, Gabelstapler und Transportwagen möglich. Werden für den Transport Hebezeuge verwendet, dürfen die Ringschrauben nur an den dafür vorgesehenen Befestigungslöchern befestigt werden.

⚠	**Belastung der Ringschrauben:** Beachten Sie die Höchstbelastungen für Ringschrauben gemäß DIN 580.

In DIN 580 sind die zulässigen Höchstbelastungen für Ringschrauben festgelegt. Es gibt zwei grundsätzliche Varianten das Transportgut zu heben (*siehe Bild 6-1*).

- mit einer Ringschraube (*Last 1*)
- mit zwei oder mehreren Ringschrauben (*Last 2*).

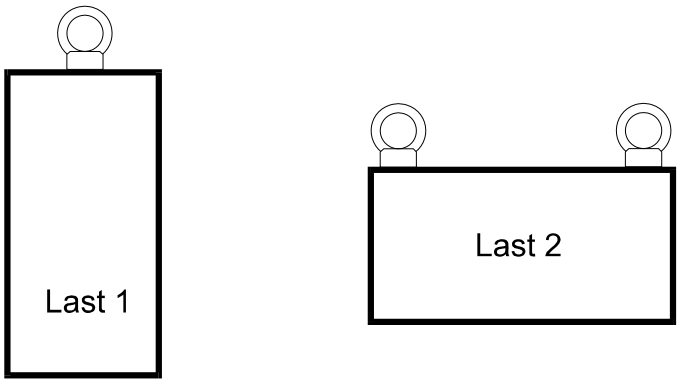


Bild 6-1 Anschlagvarianten für MF-TGE

Zu beachten ist, dass sich die Belastungsangaben immer nur auf eine Ringschraube beziehen.

Tabelle 6-2 Auszug Höchstbelastungswerte für Ringschrauben nach DIN 580

Gewinde	Last 1 in kg	Last 2 in kg
M8	140	95
M10	230	170
M12	340	240
M16	700	500

6.2 Lagerung

Werden MF-TGE starken äußeren Magnetfeldern ausgesetzt, wie z. B. in unmittelbarer Nähe von Induktionsöfen, Hubmagneten, etc., können diese Felder in den Wicklungen der MF-TGE Spannungen induzieren. Je nach Beschaffenheit und Aufbau der MF-TGE ist nicht auszuschließen, dass diese induzierten Spannungen unzulässig hohe Werte annehmen können. Eine Lagerung im Einflussbereich großer magnetischer Wechselfelder ist deshalb nicht zulässig.

Für die Lagerung von EXPERT-MF-TGE gelten allgemein nachfolgend genannte Bedingungen.

Lagerbedingungen:

Zulässige Lagerhöhe über N.N.:	keine Beschränkung
Zulässige Umgebungstemperatur:	- 25 bis +60 °C, (entleerter Wasserkreis)
Zulässige relative Luftfeuchte:	20 bis 85% (keine Kondensation)
Stapelhöhe:	max. 2 MF-TGE flach übereinander, ggf. auf überstehende Verschraubungen achten.

Gefahr durch Frostschäden!
Bei Lagerung von wassergekühlten MF-TGE unterhalb des Gefrierpunktes können Risse am Kühlrohr entstehen. Entleeren Sie unbedingt vollständig den gesamten Wasserkreis der MF-TGE (Ausblasen).

7 Einbau, elektrischer Anschluss und Inbetriebnahme

Das Nichtbeachten der nachfolgenden Hinweise kann im Schadensfall zum Ausschluss der Gewährleistung durch EXPERT Maschinenbau GmbH führen.

	Anforderungen an das Montagepersonal: Der elektrische Anschluss (Montage) sowie die anschließende Inbetriebnahme darf ausschließlich nur von Elektrofachpersonal ausgeführt werden!

7.1 Einbau und elektrische Montage

Bitte beachten Sie folgende Hinweise:

- Bei der Handhabung und Montage von MF-TGE treten Gefährdungen aufgrund des relativ hohen Gewichts auf.

	Gefahr durch unsachgemäße Handhabung! Es besteht Gefahr der Körperverletzung durch Quetschen, Scheren, Schneiden, Stoßen!

- Die Einbauorte und Befestigungen müssen auf deren Gewicht ausgelegt werden.
- Es sind stets geeignete Montage- und Transporteinrichtungen zu verwenden.
- Hebeeinrichtungen und Werkzeuge sind fachgerecht einzusetzen. Die zulässige Traglast ist zu beachten.
- Achten Sie darauf, dass die Anschlüsse für die Primär-, Sekundär- und Hilfsstromkreise zugänglich bleiben.
- Das Typenschild sollte ohne weiteres einsehbar oder die technische Daten an sichtbarer Stelle wiederholt werden.

- Der Kühlwasseranschluss muss fachgerecht ausgeführt werden. Die Kühlwasseranschlussstellen am MF-TGE können Potentialdifferenzen aufweisen. Um einen Kurzschluss über die Wasseranschlüsse zu vermeiden, dürfen nur nichtleitende Schläuche oder Rohre mit einer Länge von mindestens $0{,}5\ m$ und einem elektrischen Widerstand von mindestens $1M\Omega/m$ verwendet werden. Der spezifische Widerstand der Wassersäule sollte mindestens $20\ \Omega m$ betragen.
- Prüfen Sie den Kühlwasseranschluss auf Dichtheit und Funktion.
- Das elektrische Anschließen darf nur von einer Elektrofachkraft ausgeführt werden.

  Erläuterung Begriff „Fachkraft“:
  Wer auf Grund seiner fachlichen Ausbildung Kenntnisse und Erfahrungen sowie die Kenntnisse der einschlägigen Normen für die ihm übertragenen Arbeiten besitzt, ist eine Fachkraft. Eine bestandene fachliche Berufsausbildung als Facharbeiter, Meister, Techniker oder Dipl.-Ing. gelten als Nachweis für die geforderte fachliche Ausbildung. Eine Fachkraft muss darüber hinaus die für das jeweilige Tätigkeitsgebiet gültigen Normen kennen und über ausreichend Erfahrungen in einem bestimmten Arbeitsbereich verfügen, um übertragene Arbeiten beurteilen und Gefahren erkennen zu können. Ferner ist die Fachkraft ausgebildet, unterwiesen oder berechtigt, Stromkreise und Geräte gemäß den Bestimmungen ein - und auszuschalten, zu erden und zu kennzeichnen. Sie besitzt eine angemessene Ausrüstung und ist in erster Hilfe geschult.
- Die Anschlussflächen der Primär- und Sekundärleiter müssen eben und kontaktblank sein.
- Die primärseitigen Anschlussbolzen/Kontaktstifte sind mit einem Drehmomentschlüssel anzuziehen. *Abhängig vom Bestellwunsch werden den meisten TGE-Typen Gewinde- oder Kontaktstifte lose beigelegt.*
- Es werden Anzugsmomente gem. Tabelle 7. empfohlen
- Alle spannungsführenden Teile sind abzudecken und somit gegen direktes Berühren zu sichern.
- Bei Schraubverbindungen sind folgende Anzugsmomente einzuhalten und zu kontrollieren:

Tabelle 7.1 Anzugsdrehmomente, allgemein für die Gehäusebefestigung von MF-TGE

Gewinde	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M18	M20
Anzugsmoment / Nm	5,75	9,9	24	48	83	200	275	390

Tabelle 7.2 Schraubverbindungen für elektrische Anschlüsse bei unterschiedlicher Materialpaarung (Angabe in Nm für Schrauben und Muttern Festigkeit 8.8)

Gewinde	**Cu-Flansch / Cu-Schiene**	**Cu-Flansch/ Cu flexibel**	**Kontaktstück/ Kabelschuh**
M5	5,5	5,5	5,5
M6	9	9	8
M8	23	23	20
M10	45	45	42
M12	80	80	80
M16	185	185	174
M18	220	220	200
M20	250	250	220

Für maximal zulässige Anzugsdrehmomente von Cu-Schraubverbindungen gibt es z. Z. keine Normenregelung. Die in der Tabelle 7. aufgeführten Anzugsdrehmomente wurden experimentell ermittelt. Achten Sie darauf, dass keine Überbeanspruchungen an den Cu-Schraubverbindungen auftreten. Zu festes Anziehen kann aufgrund des Fließverhaltens von Kupfer zu Verformungen führen.

7.2 Zulässige Umgebungsbedingungen

MF-TGE werden meist als weiterzuverarbeitende Komponenten primär- und sekundärseitig in Schutzart IP54 oder IP00 ausgeliefert. Gültig ist die Angabe auf den jeweiligen Daten- und Maßblättern.

Ein Einsatz in explosionsgefährdeten Räumen ist nicht zulässig.

Für den Betrieb gelten folgende Umgebungsbedingungen:

Zulässige garantierte Aufstellhöhe:	1000m N.N.
Zulässige Umgebungstemperatur:	+ 5 bis + 40 °C
Kühlwassertemperatur:	max. 30°C (Vorlauf)
Zulässige relative Luftfeuchte:	30 bis 95 %

8 Hinweise zum Betreiben von MF-TGE

8.1 Kühlwasserqualität

Bei unzureichender Kühlwasserqualität kann die Funktion des MF-TGE erheblich eingeschränkt werden. Der Einsatz einer geschlossenen Umlaufkühlung, in der aufbereitetes Wasser rückgekühlt wird, ist in jedem Falle vorteilhaft. Um die geringe spezifische elektrische Leitfähigkeit des Kühlwassers nicht zu erhöhen, ist es ratsam bei größeren Anlagen einen Ionenaustauscher im Kühlkreislauf zu installieren. In den Kühlrohren werden Metall-Ionen z. B. Eisen, Kupfer etc. in das Kühlwasser abgegeben, welche die spezifische elektrische Leitfähigkeit des Kühlwassers erhöhen.

Darüber hinaus können die im Kühlwasser enthaltenen Metall-Ionen im Kühlkreis des MF-TGE (Kupferrohr) entsprechend ihrer Stellung in der galvanischen Spannungsreihe lokale Korrosionsherde bilden.

Da der Sekundärkreis direkt vom Kühlwasser durchflossen wird, sollte dieses einen geringen elektrischen Leitwert besitzen, um Potentialverschleppungen zu vermeiden.

<u>Anforderungen an das Kühlwasser:</u>

- mechanisch rein, Filterfeinheit ca. 100 Mikron
- natürliches Wasser, optisch klar, ohne Trübung, kein Bodensatz

pH-Wert:	7-8
spez. elektr. Leitfähigkeit:	max. 800 µS / cm
Wasserhärte:	max. 6 °DH
Eisen:	< 0,3 mg/l
Kupfer:	< 0,2 mg/l
Zink:	< 0,2 mg/l
Magnesium:	< 30 mg/l
Kalzium:	< 80 mg/l
Sulfate:	< 150 mg/l
Chloride:	< 50mg/l

Nitride:	< 1,5 mg/l
Nitrate:	< 40 mg/l
Phosphate:	< 1,0 mg/l
Ammoniak:	darf nicht nachweisbar sein
Aggressive Kohlensäure:	darf nicht nachweisbar sein
Kühlwassereintrittstemp. :	ca. 18 °C bis max. 30 °C

- Falls dem Kühlwasser zur Vermeidung von Korrosion und Kalkablagerungen entsprechende Inhibitoren zudosiert werden, empfehlen wir vor allem organische Inhibitoren, da diese die spezifische elektrische Leitfähigkeit des Kühlwassers nur unwesentlich erhöhen.

Gefahr der Überhitzung des MF-TGE
Bei zu starken Verschmutzungen bzw. Ablagerungen in den Kühlrohren kann die Verlustwärme nicht ausreichend an das Kühlwasser abgegeben werden. Die vorgegebene Kühlwassermenge (s. Datenblatt) ist einzuhalten.

Kondensatbildung (Schwitzwasser)
Die Kühlwassereintrittstemperatur am MF-TGE sollte ca.18 °C bis max. 30 °C betragen.
Ist die Kühlwassereintrittstemperatur wesentlich geringer als die Umgebungstemperatur, besteht die Gefahr der Kondensatbildung.

8.2 Kühlwassermenge, Differenzdruck des Kühlkreises

Wassergekühlte MF-TGE sind so konzipiert, dass nahezu die gesamte in den Wicklungen und im Gleichrichterteil entstehende Verlustwärme über das Kühlwasser abgeführt werden muss. Die Wärmeabgabe durch Konvektion über das Gehäuse ist vernachlässigbar gering.

In unseren Daten- und Maßblättern ist die notwendige Kühlwassermenge bezogen auf die entsprechenden Belastungskurven dargestellt.

Im externen Kühlkreis (*Schlauchleitungen, Verschraubungen etc*.) entstehen zusätzliche Druckverluste.

Der Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf des Kühlkreises ist durch den Anwender so festzulegen, dass die im Datenblatt der MF-TGE vermerkte Kühlwassermenge erreicht wird. Zur Kontrolle der Wassermenge empfehlen wir den Einbau einer Durchflussmesseinrichtung.

Je nach Höhe der Eigenverlustleistung der MF-TGE ist die Austrittstemperatur des Kühlwassers ca. 15 - 35 K höher als die Eintrittstemperatur.

Sollten die möglichen Kühlbedingungen nicht eingehalten werden können, ist der Betrieb mit verminderter Belastung möglich. Die max. Belastungsparameter müssen dann individuell anhand der Kühlbedingungen vereinbart werden. Für diesen Fall bitten wir um Kontaktaufnahme.

	Wasseranschluss Die Kühlwassereintrittstemperatur an der MF-TGE darf **max. 30 °C** betragen. Eine Reihenschaltung von Kühlkreisen mehrerer MF-TGE ist nicht zulässig. **Der Druck im Kühlsystem darf maximal 8 bar höher als der Außendruck (Atmosphäre) sein.**

9 Instandhaltung

Eine regelmäßige Instandhaltung von Schweißeinrichtungen beeinflusst wesentlich die Qualität der herzustellenden Schweißverbindungen und die Zuverlässigkeit der Anlagen. Das Risiko von Maschinen- und Anlagenausfällen kann dadurch reduziert werden.

Aufgrund ihrer kompakten und voll vergossenen Bauart sind EXPERT-MF-TGE wartungsarm.

9.1 Primär - und Sekundäranschlüsse

Die Wartungsintervalle richten sich nach der dynamischen Belastung der Klemmverbindungen und dem Auslastungsgrad der Maschinen. Wir empfehlen Wartungszyklen von 4 bis 6 Wochen. Die Beschaffenheit der Anschlussstellen *(Korrosion und Festigkeit der Anschlüsse*) sowie die Schweißkabel selbst sind auf Verschleiß bzw. Beschädigungen zu untersuchen. Durch Schweißspritzeranhaftungen bilden sich teilweise Nebenschlüsse an den Sekundäranschlussstellen der MF-TGE. Diese sind regelmäßig zu entfernen. Dabei ist darauf zu achten, dass keine Beschädigungen an der MF-TGE entstehen.

- Vor Beginn der Arbeiten sind die Sicherheitshinweise im Abschnitt 2 zu beachten.
- Die MF-TGE ist frei zuschalten und gegen Wiedereinschalten zu sichern (*siehe Abschnitt 2.1*).
- Bei Beschädigungen der Primär- oder Sekundärleitungen (*z. B. Isolation oder andere Mängel*) sind die Anschlussleitungen auszutauschen.
- Die Anzugsdrehmomente der Primär- und Sekundäranschlüsse sind zu überprüfen (*siehe Tabelle 7.1 bzw. Tabelle 7.).*
- Die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen gegen indirektes Berühren im Fehlerfall sind mit geeigneten Messgeräten zu kontrollieren (z.B. Beschaffenheit und Funktion der Schutzleiterverbindungen, Funktion FI-Schutzschaltung o. ä.).

9.2 Gleichrichteranbausatz

Die verwendeten Hochstromdioden unterliegen beim Widerstandsschweißen im Aussetzbetrieb bedingt durch die Temperaturwechselvorgänge einer hohen spezifischen Belastung. Die zulässige Belastung ergibt sich aus dem jeweiligen typspezifischen Belastungsdiaramm.

Bei Beachtung dieser Grenzbedingungen können für die Dioden statistische Lebensdauerwerte bei Standardkomponenten von ca. 10 Mio. Lastspielen (Schweißpunkte) erwartet werden.

Sonderanwendungen mit spezifisch höherer Diodenbelastung und damit auch geringerer statistischer Lebensdauer sind möglich.

Eine reduzierte Belastung kann die statistische Lebensdauer entsprechend erhöhen.

Bitte beachten Sie in diesem Zusammenhang die Hinweise auf den in der Dokumentation enthaltenen Belastungsdiagrammen.

Für weitere Auskünfte wenden Sie sich bitte an den EXPERT Kundendienst.

Zur Vorbeugung eines Ausfalles im Fertigungsbetrieb empfehlen wir die MF-TGE vor Erreichen ihrer Nutzungszeit auszutauschen und eine vorbeugende Inspektion mit Gleichrichterwechsel vornehmen zu lassen.

Aufgrund der speziellen Einbaubedingungen für Hochstromdioden raten wir von einer Eigenreparatur ab. Unsachgemäß eingebaute Dioden erreichen keinesfalls Ihre mögliche Lebensdauer und können im Extremfall nach wenigen Schweißungen zerstört werden.

9.3 Kühlkreislauf

Die Häufigkeit der hier beschriebenen Instandhaltungsmaßnahmen ist abhängig von der Qualität des verwendeten Kühlwassers (s. auch Abschnitt 8.1).

Durch Ablagerungen in den Kühlkanälen des MF-TGE kann die Kühlleistung drastisch reduziert werden. In der Folge kommt es zur thermischen Überlastung der MF-TGE (*z.B. Auslösen der Temperaturüberwachung*). Darüber hinaus reduzieren Ablagerungen den hydraulischen Querschnitt in den Kühlkanälen. Als Folge erhöht sich der Druckverlust im TGE.

Durchführung der Reinigungsarbeiten des Kühlkreislaufes:

- Vor Beginn der Arbeiten sind die Sicherheitshinweise in Abschnitt 2 zu beachten.
- Die Kühlwasserzufuhr des MF-TGE ist zu unterbrechen.
- Die Schläuche für den Kühlwasseranschluss des MF-TGE sind zu entfernen.
- Die Kühlkreisläufe des MF-TGE werden mit geeigneten Lösungsmitteln zum Abbau von Kalk- und Kesselsteinrückständen gespült. Die Sicherheits- und Gebrauchsinformationen des Lösungsmittelherstellers sind zu beachten. Bei starken Ablagerungen kann es notwendig sein, diese Spülvorgänge mehrmals zu wiederholen oder die Einwirkzeit zu verlängern.
- Für das Entfernen von Ablagerungen aus den Kühlkreisläufen eignen sich handelsübliche Mittel z. B. auf Basis von Zitronensäure o. ä.

10 Literatur

10.1 Normen und Vorschriften

DIN EN 294	Sicherheit von Maschinen. Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefahrenstellen mit den oberen Gliedmaßen
DIN EN 418	Sicherheit von Maschinen, Not-Aus-Einrichtung, funktionale Aspekte, Gestaltungsgrundsätze
DIN EN 62135-1	Widerstandsschweißeinrichtungen - Teil 1: Sicherheitsanforderungen für die Konstruktion, Herstellung und Errichtung Deutsche Fassung EN 62135-1:2008
DIN EN 60204-1	Sicherheit von Maschinen–Elektrische Ausrüstung von Maschinen-Allgemeine Anforderungen
DIN ISO 669	Kenngrößen für Widerstandsschweißeinrichtungen
DIN EN 50240	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)- Produktnorm für Widerstands - Schweißeinrichtungen
DIN EN ISO 5826	Transformatoren für Widerstandsschweißeinrichtungen-Grundlegende Festlegungen für alle Transformatoren
DIN EN ISO 5828	Widerstandsschweißeinrichtungen-Sekundäranschlußleitungen mit Anschlüssen für wassergekühlte Kabelschuhe - Maße und Kennwerte
DIN EN ISO 7284	Widerstandsschweißeinrichtungen-Besondere Festlegungen für Transformatoren mit zwei getrennten Sekundärwicklungen für Vielpunktschweißen, wie in der Automobilindustrie üblich
DIN EN ISO 8205-1	Wassergekühlte Sekundär-Anschlußleitungen für Widerstandsschweißen-Teil 1: Maße und Anforderungen für Zweileiter-Anschlußleitungen
DIN EN ISO 8205-2	Wassergekühlte Sekundär-Anschlussleitungen für Widerstandsschweißen-Teil2: Maße und Anforderungen für Einleiter-Anschlussleitungen
DIN VDE 0100-410	Errichtung von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag

DIN VDE 0100-600 Errichtung von Niederspannungsanlagen – Teil 6: Prüfungen

10.2 DVS-Richtlinien und –Merkblätter

DVS 2903	Elektroden für das Widerstandsschweißen
DVS 2904	Steuerungen für Punkt-, Buckel- und Nahtschweißmaschinen
DVS 2907	Empfehlungen für die Auswahl und das Vergleichen von Widerstandspunkt-, Buckel- und Nahtschweißeinrichtungen sowie Widerstandspunkt- und Nahtschweißgeräten
DVS 2917	Betrieb und Wartung von Widerstandsschweißmaschinen
DVS 2937-1	Widerstandsschweißen mit Industrieroboter

Notizen: